

Supporting hypothesis generation by learners exploring an interactive computer simulation

Wouter R. Van Joolingen & Ton De Jong

Instructional Science, 1991, 20, 389-404

★ Introduction: supporting exploring learning with simulations

- ▶ コンピュータシミュレーション学習の4つのカテゴリー (Njoo & De Jong, 1991; De Jong and Njoo, 1990)
 - Analysis
 - ・ 変数やモデルの大体の構造を考える
 - Hypothesis generation
 - ・ 仮説を立てる
 - Hypothesis testing
 - ・ 実験のデザイン
 - ・ 予測
 - ・ 実行
 - Evaluation
 - ・ 解釈
- ▶ 仮説の生成と実験のデザインが重要

◇ Hypothesis generation and testing

- ▶ Scientific Discovery as Dual Search (Klahr & Dunbar, 1988; Dunbar & Klahr, 1989; Shrager & Klahr, 1986)
 - 科学的推論は2つの空間の探索からなる
 - ・ 仮説空間: 全ての仮説を含む
 - ・ 実験空間: 全ての実験からなる
 - 2つの方略
 - ・ Experimenter: bottom-up
 - ・ Theorist: top-down
- ▶ 仮説の生成は難しい (Njoo & De Jong, 1992)
 - 仮説空間の構造に基づいたサポートを与える
 - ・ Hypothesis scratchpad

◇ Hypothesis scratchpads for simulations

- ▶ 仮説とは (Van Joolingen & De Jong, 1991b),
 - 複数の概念的変数の間に保たれる、ある包括的な関係
- ▶ 仮説空間とは
 - 概念的変数の全ての可能な組み合わせとその間の関係
- ▶ 仮説生成とは
 - 変数の区別
 - 変数の選択
 - 選択した変数間の関係の決定
- ▶ 仮説生成のサポート
 - Hypothesis scratchpad
 - 3種類のサポートレベルを比較する

★ Method

◇ Domain

- ▶ 4SEE
(Statistics Simulation System as a Supportive Exploratory Environment)
 - 様々な測定エラーを強調した滴定実験のシミュレーション
 - どのような要因が最終的な測定エラーに影響するかを調べる

◇ Subjects

- ▶ 32名の化学の1年生

◇ Conditions

- ▶ 3条件
 - Structured
 - Partially structured
 - Unstructured
- ▶ Hypothesis scratchpad は3つの表からなる (Figure 1)
 - 変数
 - 条件
 - 関係
 - それぞれの表から選択して仮説を立てることができる

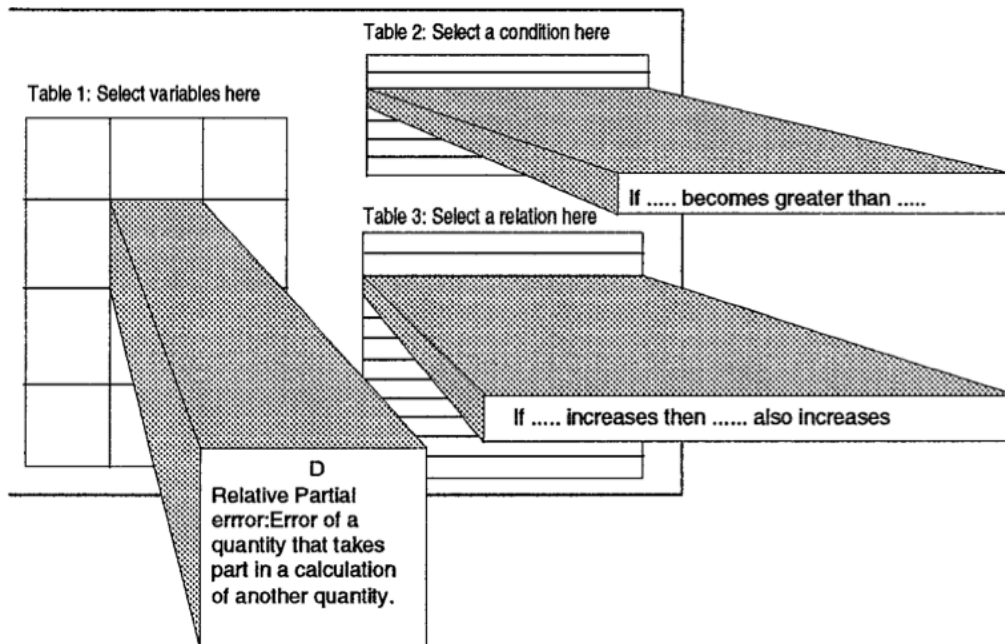


Figure 1. A structured hypothesis scratchpad as used in the experiment

Table 1. Overview of the experimental design

Group	Relation support	Variable support	Experiment scratchpads	Post-test
I (N = 10)	•	•	•	•
II (N = 10)		•	•	•
III (N = 11)			•	•

- ▶ 各条件は Table 1 を参考
 - I = structured, II = partially structured, III = unstructured
- ▶ Hypothesis scratchpad の他に実験デザイン、結果を記入するメモがある
- ▶ 関係や変数の表示は仮説空間を広げる
 - Theorist 方略をとるようになる
 - より良い仮説生成、仮説空間の探索を行える

◇ Procedure

- ▶ 2時間の条件ごとのセッション

- 実験後に実験フォームを記入
- 希望すれば、仮説フォームも記入可能

▶ Post-test

- 学習したことを記入する

◇ Results

▶ Activity level

- 仮説の数、実験フォームの数、実験の数 (Table 2)
 - structured < partially structured & unstructured

Table 2. Activity level of the students, as indicated by the average number of experiments performed, experiment forms filled in, and hypotheses stated.

	Group			
	I	II	II	
Number of hypotheses	3.6	5.5	6.1	(F(2,28) = 2.1, n.s.)
Number of experiment forms	5.3	8.9	9.7	(F(2,28)= 7.7, p<0.005)
Number of experiments	6.6	10.6	11.6	(F(2,28) = 8.8, p<0.005)

▶ General functioning of the hypothesis forms

- 正しく構成された仮説の数 (Figure 2)
 - 変数と関係に分ける

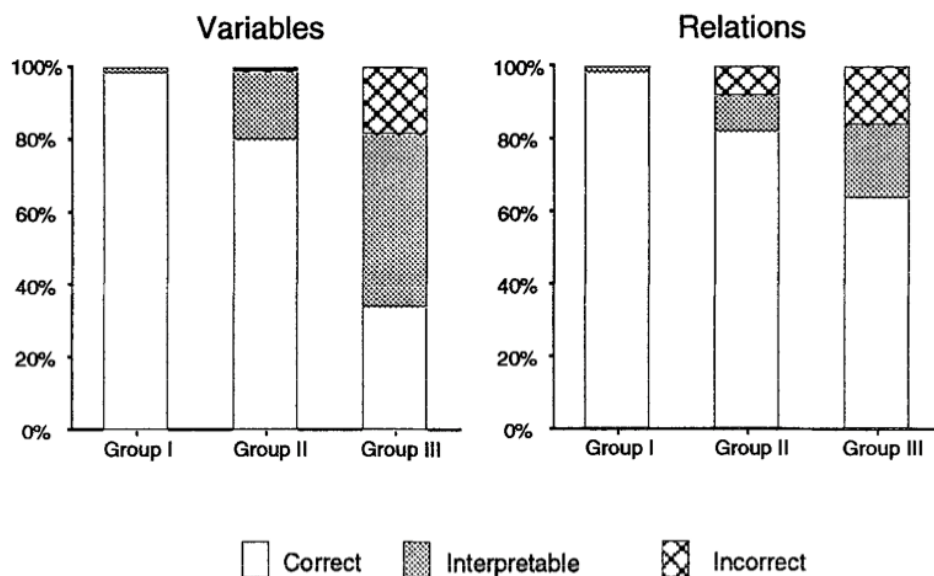


Figure 2. The syntax of the hypotheses stated on the scratchpads, for variables and relations entered separately

- correct, incorrect, interpretable に分類
- structured > partially structured & unstructured
(変数 $\chi^2=53.9$, d.f.=4, $p < 0.001$; 関係 $\chi^2=17.6$, d.f.=4, $p < 0.005$)
- Partially structured グループでは変数表を使わない生徒もいた
- 仮説と実験の整合性
 - グループ間に有意な差なし
- Post-test (Figure 3)
 - 記述数 グループ間に差なし
 - 記述の正しさ グループ間に差なし

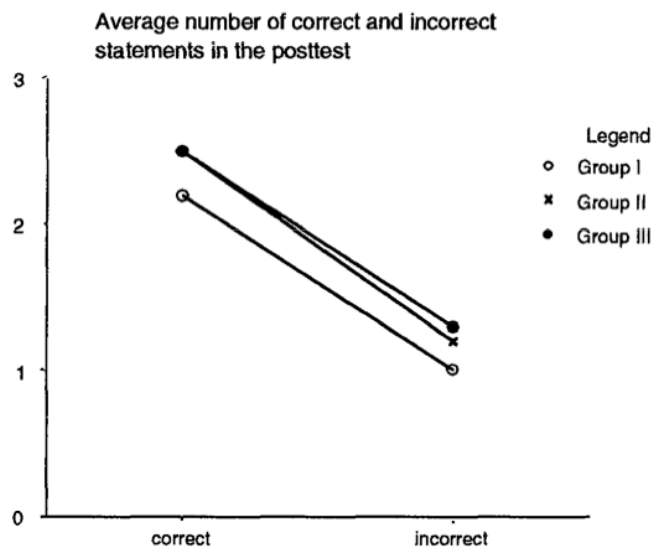


Figure 3. Results of the post test, showing the average number of correct and incorrect hypotheses per student for the three experimental groups.

- ▶ Assessment of hypotheses related to a conceptual domain model
 - Variables selected
 - 変数は階層的になっている (Figure 4)
上へ向かうほどより一般的な変数
 - 変数サポート(変数表)があるとより細分化された変数を調べる
 - Relations selected
 - 3 つに分ける (Table 3)
 - Structured グループの生徒はよりグローバルな関係を使う
($\chi^2=17.7$, d.f.=4, $p < 0.005$)
= グローバルな関係は提示がないと思いつかない

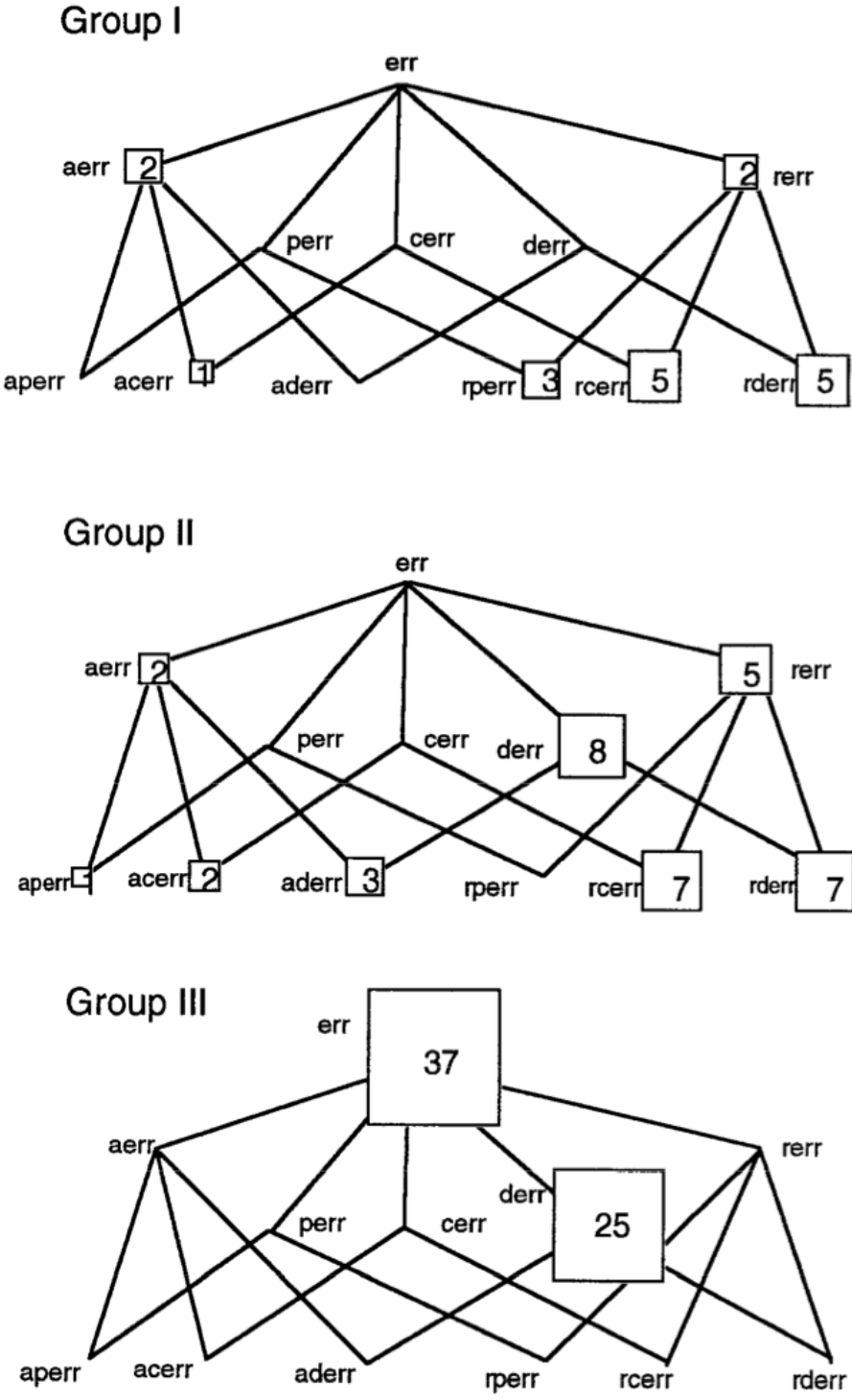


Figure 4. Use of the variables representing different kinds of measuring error. The area of the squares depicts the number of times a certain variable has been chosen.

Table 3. Number of selected/stated relations, classified according to level of preciseness, absolute scores and relative scores.

	I	Group II	II
Very global (there is a relation)	16 (41%)	6 (11%)	9 (13%)
Qualitative descriptive (if A increases, B decreases)	22 (56%)	46 (82%)	60 (83%)
Conditional relations and other more precise ones	1 (3%)	4 (7%)	3 (4%)

▶ Students' lines of reasoning

– Matching with previous hypotheses

- ・ 前の仮説との一貫性の検討
- ・ 同じ、関連した仮説を使い続ける = hypothesis train が長くなる
 同じ上位変数に属する変数を使用する
 長いほど体系的な学習を行っている
- ・ 全グループ短く (平均 1.2)、差がない
- ・ = 仮説を棄却して短く終わる

▶ Relation with previous experiments

– 実験の前と後のどちらで仮説を生成するか (Table 4)

- ・ Structured グループは実験前が多い ($\chi^2=8.1$, d.f.=2, $p<0.05$)
- ・ Structured scratchpad はアイデアの形成に役立つ

Table 4. The number of times an hypothesis was stated before an experiment was carried out with the variables involved

Number of hypotheses stated	I	Group II	II
Before experiment	26 (67%)	21 (38%)	30 (45%)
After experiment	13 (33%)	35 (62%)	36 (55%)

★ Conclusions

- ▶ Hypothesis scratchpad は学生を仮説空間に親しみやすくする
- ▶ Structured scratchpad を使った学生

- いろいろな変数を使用
- 実験前に仮説をたてる
 - = Theorist 方略へ導く可能性がある

- ▶ 関係のサポートにおいては望む結果を得られなかった
 - 種類数はグループ間で変わらない
 - よりグローバルな関係を検証した

- ▶ **Structured scratchpad** は仮説生成のプロセスをより簡単にする
 - 少ない実験と仮説で他のグループと変わらない情報を得る
 - ・ よくできた仮説を生成する
 - ・ より長く使えばさらに効果が得られるだろう
 - デザインを工夫しないとネガティブな効果が出る場合もある

- ▶ サポート機能を増やすために
 - 動的に仮説空間の属性に影響するようなメカニズムを考える
 - 例) 学習者の選択によりある種の関係や変数を使えないようにする

- ▶ 学習過程に関する重要な情報と一体化した学習環境を与える
 - **Intelligent Tutoring System**
 - ・ 学習者モデルを保持することにより、適切な指導を与える
 - **Scratchpad** は学習者モデルに学習者の知識状況を伝えることができる

- ▶ **Hypothesis scratchpad** の役割
 - 学習者のサポート
 - シミュレーション学習環境の機能性の改善